



(11) **EP 0 911 603 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**27.06.2001 Patentblatt 2001/26**

(51) Int Cl.7: **G01B 11/00, G05B 19/401**

(21) Anmeldenummer: **97118334.8**

(22) Anmeldetag: **22.10.1997**

(54) **Verfahren zur optischen Bestimmung der Lage eines räumlichen Körpers**

Method for the determination of the position of a three-dimensional body

Procédé pour la détermination de la position d'un objet tridimensionnel

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE DK ES FR GB IT PT SE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.04.1999 Patentblatt 1999/17**

(73) Patentinhaber: **ISRA Vision Systems AG**  
**64297 Darmstadt (DE)**

(72) Erfinder: **Ersö, Enis**  
**64297 Darmstadt (DE)**

(74) Vertreter: **KEIL & SCHAAFHAUSEN**  
**Patentanwälte,**  
**Cronstettenstrasse 66**  
**60322 Frankfurt am Main (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 4 942 539** **US-A- 5 160 977**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 445 (P-1593), 16. August 1993 & JP 05 099622 A (A T R SHICHIYOUKAKU KIKO KENKYUSHO:KK), 23. April 1993**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 0 911 603 B1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur optischen Bestimmung der Lage eines endlichen starren Körpers in einem räumlichen Koordinatensystem.

[0002] Bei der Serienherstellung mehrteiliger Körper ist es beim Einsatz von Robotern erforderlich, die einzelnen Bauteile in richtiger Lage und an der richtigen Stelle für den fertigzustellenden dreidimensionalen Körper bereit zu halten. Darüberhinaus ist es auch üblich, derartige Roboter für das Schweißen oder für das Einfügen von Bauteilen in das Gesamtgerät einzusetzen.

[0003] Hierbei ist es wichtig, die Lage des zu bestückenden Bauteils und die Lage des tätigwerdenden Roboters mit dem einzufügenden Bauteil zur Vermeidung von Ausschuß aufeinander abzustimmen.

[0004] Ein derartiges Aufeinanderabstimmen wird gemäß der europäischen Veröffentlichung 0489919 mittels Kalibriertafel mit Punkten erreicht. Ebenso wird in der US-Patentschrift 4639878 eine Abstimmung dergestalt erreicht, daß letztlich einzelne Punkte auf dem zu bearbeitenden Körper mit dem Roboter in Übereinstimmung gebracht werden. Gemäß US-Patentschrift 4 942 539, "Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Bestimmung der Position und Orientierung eines Objektes im 3D-Raum" ist bekannt, daß anhand der perspektivischen Information in einem Bild die Lage eines Objektes in einem Raum unter Einbeziehung einer Kombination von Punkten und Linien bestimmt werden kann. Im Hinblick auf die Verwendung von Punkten, sei es an dem zu bearbeitenden Bauteil und/oder in Verbindung mit einer Kalibriertafel, welche ebenfalls über Punkte abgetastet wird, treten Schwierigkeiten deshalb auf, weil am zu bearbeitenden Bauteil angeordnete Punkte durch Verschmutzung oder Überdeckung durch andere Bauteile nicht immer sicher erkannt werden können, bzw. derartige Punkte gar nicht vorliegen.

[0005] Ausgehend hiervon liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ohne Kenntnis der gegenseitigen Lage von Werkzeug und Werkstück bei Verwendung eines Roboters ein zielsicheres Arbeiten am Werkstück zu ermöglichen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Ansprüche 2 und 3. Dabei wird auf eine Zuordnung ausgezeichneter Punkte völlig verzichtet, so daß die Beschränkung auf solche am Körper identifizierbaren Punkte völlig entfällt; es können darüberhinaus sogar gekrümmte Linien verwendet werden.

[0006] Durch diese Ausgestaltung wird trotz Minimierung im Aufwand eine eindeutige Zuordnung zwischen Werkstück und Werkzeuglage erreicht. Darüberhinaus wird der Einfluß vorhandener Ungenauigkeiten minimiert.

[0007] Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit in einem Raum angeordneten Kameras und einem in diesem befindlichen Körper mit eigenem Koordinatensystem zeichnet sich dadurch aus, daß min-

destens drei Kanten und/oder Linien auf dem Körper mit einer oder mehreren Kameras erkannt wird, daß jede Kamera auf eine andere Kante und/oder Linie ausgerichtet ist und daß die gegenseitige Lage der Kameras kalibriert wird. Hierdurch wird in einfacher und schneller Weise ohne vorheriges Aufnehmen von Punkten eine gegenseitige Lagebestimmung der zusammenzusetzenden Körper erreicht. Zuzugabe der kontrollierten Bewegbarkeit der im Raum befindlichen Kamera gemäß Anspruch 3, welche in bezug zum räumlichen Koordinatensystem steht, kann diese Kamera dazu herangezogen werden, die Lage eines größeren Bauteils im Raum zu bestimmen.

[0008] In der nachfolgenden Zeichnung wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß es sich nicht nur zum Deckel in konvexe Behälter, wie im Ausführungsbeispiel dargestellt handelt, sondern daß auch andere Bauteilzusammenfügungen unter den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung fallen, beispielsweise das Einfügen von Bauteilen in ein Fahrzeug, wie Türen, Fenster, das Auftragen von Klebe- oder Dichtraupen oder das Zusammenfügen und Verschweißen räumlich gekrümmter Bauteile im Reaktorbau oder in der Feinwerktechnik das Zusammenfügen in no-man-Betrieben von optischen Bauteilen, ganz allgemein zur Lagebestimmung von Transportmitteln und deren Bauteilen beim Zusammenbau, beim Auseinandernehmen oder einer Reparatur.

[0009] In einem Ausführungsbeispiel wird gemäß der Figur ein Transportmittel 1 dargestellt, welches über eine Fördersystem 5 einer Bearbeitungsstelle 6 zugeführt wird.

[0010] Unter Transportmittel sind Transportmittel aller Art zu verstehen, wie Flugzeug, Satellit, Schiff, Fahrzeug usw.; der Ausdruck Fördersystem steht stellvertretend für alle Arten derartiger Systeme wie Rollbahnen, Förderbänder, Schrägaufzüge, Senkrechtförderer usw.

[0011] Die Bearbeitungsstelle 6 besteht aus einem Roboter 7, welcher heb- und senkbar sowie drehbar und neigbar ist. Vom Roboter wird im Ausführungsbeispiel eine Deckel 8 für das Transportmittel 1 bereit gehalten. Dieser Deckel 8 soll in die hierzu vorbereitete Öffnung 9 des Transportmittel 1 an der Bearbeitungsstelle 6 eingefügt werden.

[0012] Um ein derartiges Einfügen auch bei nachfolgenden Transportmittel derselben Gattung fehlerfrei im Serienbetrieb durchzuführen, wird gemäß der Erfindung die Öffnung 9 des Transportmittel 1, welche über ein körpereigenes Koordinatensystem 2 beschreibbar ist, von drei Kameras 10, welche ein ebenes Koordinatensystem 3 besitzen und welche zu einem räumlichen Koordinatensystem 4 ausgerichtet sind, aufgenommen. Hierdurch ist sichergestellt, daß beim gleichen Transportmitteltyp das körpereigene Koordinatensystem 2 gleich bleibt und daß somit ein sicheres Einsetzen von Deckeln durchgeführt werden kann.

[0013] Auf den über Linsen 11 aufgenommenen Bil-

dern auf den ebenen Koordinatensystemen 3 jeder Kamera 10 ist die Zuordnung der Bilder zu der jeweiligen Kante zwischen Öffnung und Deckel sichergestellt. So wird eine linke Kante 12 der Öffnung 9 zu einer Bildkante 12a. Eine obere Kante 13 zu einer Bildkante 13a, unabhängig davon, welcher Teil der Kanten über die jeweilige Kamera 10 aufgenommen wird. Dieser Wert ist dann eindeutig den entsprechenden Kanten des Deckels 8 zuzuordnen.

[0014] Der Verlauf aller abgebildeten Linien muß der bekannten Geometrie des Körpers entsprechen wenn die räumlichen Verläufe aller Linien entsprechend der Geometrie des starren Körpers, in diesem Falle des Deckels 8, welche eingefügt werden soll, der Abbildung der Kameras und der Kalibrierung der Kameras in bezug auf das räumliche Koordinatensystem 4 zur Bestimmung der Lage des Transportmittels 1 zur Übereinstimmung gebracht worden sind.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur optischen Bestimmung der Lage eines endlichen starren Körpers in einem räumlichen Koordinatensystem (4) dadurch gekennzeichnet, daß aus einer Auswahl von mehreren, mindestens drei auf dem starren Körper vorhandenen Linien oder Kanten, deren Bezug zum körpereigenen Koordinatensystem (2) bekannt ist, jede der genannten mindestens drei Linien oder Kanten für sich in einem ihr zugeordneten ebenen Koordinatensystem (3) abgebildet wird und daß die Lage jedes ebenen Koordinatensystems (3) auf das räumliche Koordinatensystem (4) bezogen ist, wobei auf eine Zuordnung ausgezeichneter Punkte verzichtet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß diese optisch bestimmte Lage dieses Körpers mit einer entsprechenden Lage eines anderen Körpers verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und/oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß zur Abbildung der Linien oder Kanten eine räumlich kontrolliert bewegbare Kamera herangezogen wird.

#### Claims

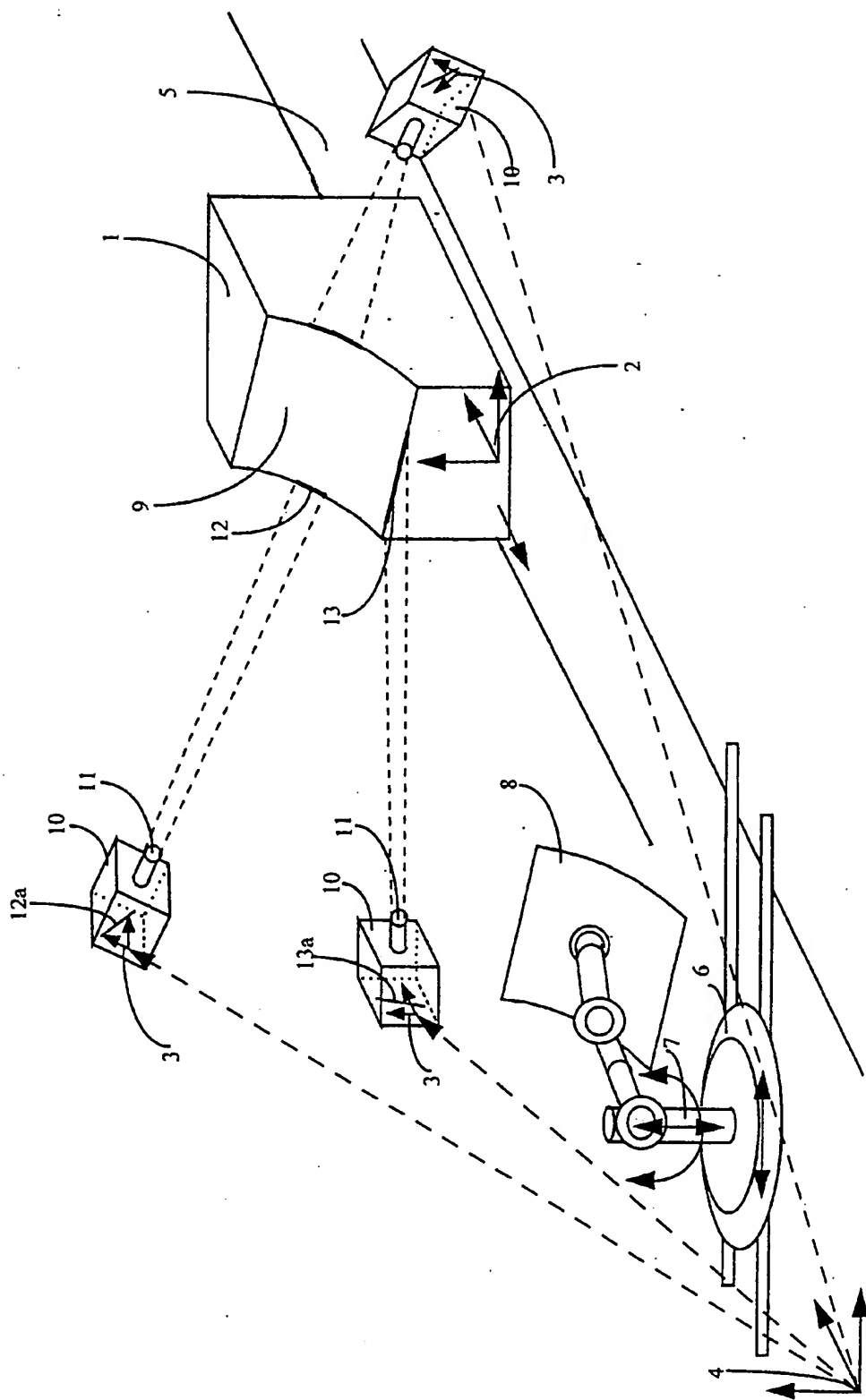
1. Method for the optical determination of the position of a finite rigid body in a spatial coordinate system (4), characterized in that from a selection of several, at least three lines or edges provided on the rigid body, the relation of which to the coordinate system (2) of the body being known, each of the said at least three lines or edges are depicted in a plane coordinate system (3) assigned to them and that the po-

sition of each plane coordinate system (3) refers to the spatial coordinate system (4), where no marked points have been assigned.

2. Method according to claim 1, characterized in that this optically determined position of this body is compared with a corresponding position of another body.
3. Method according to claim 1 and/or 2, characterized in that for the depiction of the lines or edges a spatially controlled movable camera is used.

#### Revendications

1. Procédé de détermination optique de la position d'un corps rigide fini dans un système de coordonnées spatiales (4) caractérisé en ce que, à partir d'un choix de plusieurs lignes ou bords, au moins trois, présents sur le corps rigide et dont la relation avec le système de coordonnées propre du corps (2) est connue, chacun des au moins trois lignes ou bords est représenté dans un système de coordonnées plan (3) qui lui est attribué, et en ce que la position de chaque système de coordonnées plan (3) est rapportée au système de coordonnées spatiale (4) en renonçant à une attribution de points particuliers.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que cette position déterminée optiquement de ce corps est comparée à une position correspondante d'un autre corps.
3. Procédé selon la revendication 1 et / ou 2, caractérisé en ce qu'une caméra mobile contrôlée dans l'espace est utilisée pour la représentation des lignes ou bords.



## Description

[0001] the invention concerns a procedure to the optical regulation of the position of a limited stiff body in a spatial coordinate system.

[0002] bodies mehrteiliger with the Serienherstellung it is necessary with the application of robots to hold ready the single components in right position and at the right place for the three-dimensional body to be finished. Beyond it, it is also usual to use such robots for the welding or for the insertion of components in the whole device.

[0003], on this occasion, it is important to tune the position of the component to be equipped and the position of the active-growing robot with the component to be inserted to the avoidance of committee on each other.

[0004] a such Aufeinanderabstimmen is reached according to the European publication **0489919** by means of Kalibriertafel with points. Also a vote is reached in the US-clever writing **4639878** in such a way that, in the end, single points on the body to be worked on with the robot are brought in correspondence. It is

[0005] in view of the use of points, in the component to be worked on and/or in conjunction with a Kalibriertafel which is likewise felt about points, difficulties appear because arranged points by soiling or Überdeckung by other components not always can be certainly recognized by the component to be worked on, or such points are not at all.

[0006] outgoing the task forms the basis from this of the present invention. without allowing unerring works on the work piece knowledge of the reciprocal position of tools and work piece by use of a robot. This task is solved according to the invention by the fact, that from a choice of several lines available on the stiff body or edges which stand in bezug to the coordinate system belonging to body, every line or edge for themselves in one her assigned. to level ones

## Claims

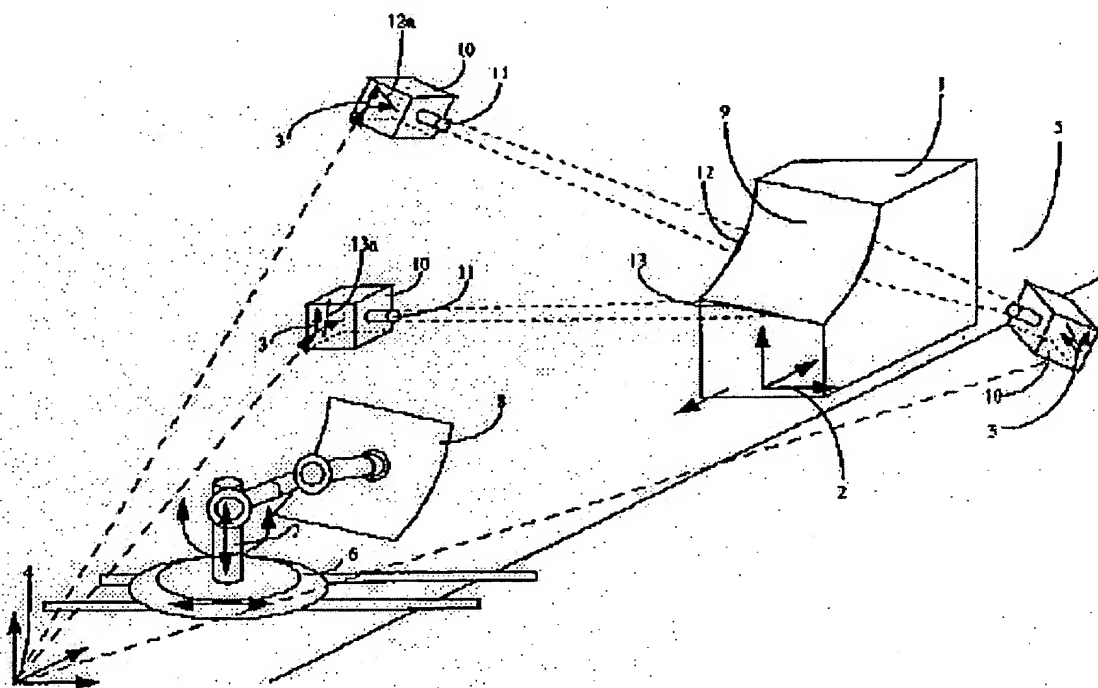
1. procedures to the optical regulation of the position of a limited stiff body in a spatial coordinate system (4) thereby marked that from a choice of several, on the stiff body before handenen lines or edges which stand in bezug to the coordinate system belonging to body (2), every line or edge is illustrated for itself in her assigned level coordinate system (3) and that the position of every level coordinate system (3) is covered to the spatial coordinate system (4).

2. Procedures after claim 1 thereby marked, that several lines available on the stiff body or edges on a level coordinate system (3) whose position is covered to the spatial coordinate system (4) are illustrated and that afterwards according to the regulation of every single line or edge after her position a relation is produced

between spatial (4) and the (2) coordinate systems belonging to body, and that this position of this body is compared to a suitable position in another body.

3. Device for the realization of the procedure after claim 1 and/or 2 with arranged in a space cameras and to one in this located body with the own coordinate system (2) thereby marked that at least three edges and/or lines on the body with one or several cameras (10) are recognized that every camera (10) on another edge or line is aimed and that the reciprocal position of the cameras is calibrated.

4. Device after claim 3 thereby marked that a self-possessed moveable camera (10) is planned in the space.



Patents Cited by this patent